

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 224 448 A1

4(51) H 01 L 21/30
G 03 B 27/32
G 03 B 27/68

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WPH 01 L / 260 460 6 (22) 01.03.84 (44) 03.07.85

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Hesse, Rainer, Dipl.-Ing.; Gärtner, Wolfgang, Dr.-Ing.; Kuch, Karl-Heinz, DD

(54) Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung

(57) Es wird eine Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung mittels eines Projektionsobjektivs beschrieben. Sie ist zur Erzeugung von Halbleiterstrukturen in einer fotoempfindlichen Schicht einer Halbleiterscheibe nach der Planartechnologie anwendbar. Das Ziel der Erfindung besteht in der Erhöhung der Genauigkeit bei hoher Produktivität der Strukturübertragung. Als Aufgabe steht die Schaffung einer Einrichtung, die bei Verwendung einer Immersionsflüssigkeit Turbulenzen vermeidet und mögliche Verunreinigungen außerhalb des Schärfentiefebereiches des Projektionsobjektivs hält. Die Erfindung besteht darin, daß zwei mit Immersionsflüssigkeit gefüllte Kammern vorgesehen sind, von denen eine dem Projektionsobjektiv und die zweite dem Substrat zugeordnet sind. Höchste Auflösung wird erreicht, wenn zwischen den die Kammern abschließenden optisch transparenten Medien ebenfalls Immersionsflüssigkeit eingebracht wird. Fig. 1

ISSN 0433-6461

11 Seiten

Titel der Erfindung

Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung mittels eines Projektionsobjektivs zum Erzeugen eines Belichtungsmusters in einer fotoempfindlichen Schicht eines Substrates. Sie ist insbesondere bei der Erzeugung einer Mikrostruktur in einer fotoempfindlichen Schicht einer Halbleiterscheibe zur Herstellung von Halbleiterstrukturen nach der Planartechnologie anwendbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In der veröffentlichten Europäischen Patentanmeldung EP O 023 231 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kopieren eines Musters auf eine Halbleiterscheibe beschrieben, die zwischen einem Projektionsobjektiv und einer Halbleiterplatte eine Flüssigkeit verwendet, deren Brechungsindex dem des Lacküberzuges der Halbleiterplatte entspricht. Dabei wird die Flüssigkeit ständig ausgetauscht und temperiert und/oder gefiltert. Diese Vorrichtung soll eine Vergrößerung der numerischen Apertur ohne Vergrößerung des Einfallswinkels ermöglichen. Dieses auch aus der Mikroskopie bekannte Prinzip (man vergleiche hierzu: Brockhaus, "ABC der Optik" Brockhaus Verlag Leipzig, 1961 S. 565 ff.) ist bei Übertragung auf das Gebiet der Mikro-

lithografie mit Nachteilen behaftet. Ein Nachteil besteht darin, daß in der Flüssigkeit, deren Volumen bei dem beschriebenen Verfahren erheblich ist, zwischen Projektionsobjektiv und Halbleiterscheibe bei der Herstellung von hochintegrierten Schaltkreisen infolge der notwendigen Verfahrbewegung der auf einem Koordinatentisch befindlichen Halbleiterscheibe Turbulenzen erzeugt werden. Deshalb wird man, bei heute aus Produktivitätsgründen hohen Verfahrgeschwindigkeiten, entweder Fehler bei der Strukturübertragung in Kauf nehmen müssen oder man muß das Zeitregime für jeden Belichtungsschritt, um die Zeit für die Beruhigung der Turbulenzen erweitern, was wiederum Produktivitätseinbußen bedeutet.

Ein weiterer Nachteil ist die Handhabbarkeit des zu belichtenden Substrates unter Cleanroom-Bedingungen. Bei dem Verfahren gemäß obengenannter Patentanmeldung muß nach jeder vollständigen Belichtung einer Halbleiterscheibe diese aus der Flüssigkeit herausgebracht werden und von der Flüssigkeit getrennt werden. Hier besteht zunächst die Gefahr, daß zum Beispiel Staub oder andere unerwünschte Stoffe die Oberfläche des Substrates belegen. Desweiteren läßt sich die Oberfläche des Substrates zum Beispiel zur Vorbereitung auf einen Kontrollschritt infolge der zahlreichen Stufen, Gräben, Erhöhungen etc. nur mit hohem Aufwand von der Flüssigkeit befreien. Weiterhin nachteilig ist die Verwendung eines nach oben offenen Behälters, der die Flüssigkeit beinhaltet. Die daraus resultierende große Flüssigkeitsoberfläche bietet so Eintrittsmöglichkeiten für Verunreinigungen der Flüssigkeit, die erst nach Durchlauf eines Filters beseitigt werden können.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer hochproduktiven und hochgenauen Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung mittels eines Projektionsobjektivs zu entwickeln, in welcher ein geringes Volumen Immersionsflüssigkeit Verwendung findet, so daß keine störenden Turbulenzen in Erscheinung treten und die so aufgebaut ist, daß mögliche Verunreinigungen außerhalb des Schärfentiefebereiches des Projektionsobjektivs liegen und so keine Strukturierungsfehler verursachen. Das zu belichtende Substrat soll so handhabbar sein, daß die fotoempfindliche Schicht des Substrats in keiner Weise beeinträchtigt wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß bei einer Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung mittels eines Projektionsobjektivs zum Erzeugen eines Belichtungsmusters in einer fotoempfindlichen Schicht eines parallel zur Bildebene schrittweise bewegten und auswechselbaren Substrats, wobei im optischen Strahlengang zwischen der fotoempfindlichen Schicht und der dieser zugewandten Grenzfläche des Projektionsobjektivs eine Immersionsflüssigkeit annähernd gleichen Brechwertes wie der der lichtempfindlichen Schicht Verwendung findet, im optischen Strahlengang zwischen Projektionsobjektiv und der fotoempfindlichen Schicht des Substrats zwei voneinander getrennte, gegen die Atmosphäre abgeschlossene, relativ zueinander bewegbare und mit Immersionsflüssigkeit gefüllte Kammern vorgesehen sind, wobei die erste Kammer, die mit dem Projektionsobjektiv fest verbunden ist, von der der fotoempfindlichen Schicht zugewandten Grenzfläche des Projektionsobjektivs und von einem optisch transparenten Medium begrenzt wird, und die zweite Kammer, die mit dem Substrat verbunden ist, von der fotoempfindlichen Schicht des Substrats und von einem weiteren optisch transparenten Medium begrenzt wird.

Als optisch transparente Medien lassen sich vorteilhaft Glasplatten und/oder Folien einsetzen.

Zur Verringerung des Volumens an bewegter Immersionsflüssigkeit und damit zur Verringerung von Turbulenzen in der Immersionsflüssigkeit ist es von Vorteil, wenn mindestens eine Kammer mit einer Einrichtung zur Veränderung des Druckes der Immersionsflüssigkeit in Verbindung steht und wenn das optisch transparente Medium dieser Kammer senkrecht zur Bildebene bewegbar angeordnet ist.

Zur weiteren Erhöhung der Auflösung des Projektionsobjektivs sowie zur Verringerung von Strukturübertragungsfehlern kann man zwischen den die Kammern begrenzenden optisch transparenten Medien ebenfalls Immersionsflüssigkeit einbringen.

Ausführungsbeispiele

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einrichtung mit zwei Glasplatten als Abschluß der Kammern,
- Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel mit einer mittels Ringmembran bewegbar angeordneten Glasplatte,
- Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel, wo die Kammer vor dem Projektionsobjektiv mit einer Folie abgeschlossen ist.

Die erfindungsgemäße Einrichtung besteht nach Fig. 1 aus einem gestellfesten Projektionsobjektiv 1. Mit dem Projektionsobjektiv 1 fest verbunden ist eine Kammer 2, die restlos mit Immersionsflüssigkeit 3 gefüllt ist. Die Kammer 2 ist gegen die Atmosphäre abgeschlossen und wird im optischen Strahlengang von der der fotoempfindlichen Schicht zugewandten Grenzfläche 4 des Projektionsobjektivs 1 und von einer optisch transparenten, planparallelen Glasplatte 5 begrenzt. Desweiteren besteht die

Einrichtung aus einer zweiten Kammer 6, die mit dem zu belichtenden Substrat zum Beispiel mit einer Halbleiterscheibe 7 verbunden ist. Diese zweite Kammer 6 wird unter anderem von der fotoempfindlichen Schicht 8 der Halbleiterscheibe 7 und von einer weiteren optisch transparenten, planparallelen Glasplatte 9 begrenzt. In der zweiten Kammer 6 befindet sich ebenfalls Immersionsflüssigkeit 10. Die zweite Kammer 6 einschließlich der Glasplatte 9 und der Halbleiterscheibe 7 befinden sich auf der Tischplatte 11 eines Koordinatentisches, der über Bewegungseinrichtungen 12 eine Relativbewegung der Halbleiterscheibe 7 parallel und senkrecht zur Bildebene 13 bewirkt. Zur Erhöhung der Auflösung befindet sich zwischen den beiden die Kammern 2, 6 begrenzenden Glasplatten 5 und 9 weitere Immersionsflüssigkeit 14, deren Oberfläche 15 in einem Behälter 16 höher liegt, als die der Halbleiterscheibe zugewandte Fläche 17 der Glasplatte 5. Zwischen der Grenzfläche 4 des Projektionsobjektivs 1 und der fotoempfindlichen Schicht 8 der Halbleiterscheibe 7 verläuft der optische Strahlengang somit nur in Medien annähernd gleichen Brechwertes wie der der fotoempfindlichen Schicht, wenn man voraussetzt, daß die Brechwerte der Immersionsflüssigkeiten 3, 10 und 14 und der Glasplatten 5 und 9 annähernd übereinstimmen. Will man eine weitere Reduzierung des bewegten Volumens an Immersionsflüssigkeit 14 erreichen, das heißt auch eine Reduzierung der darin auftretenden Turbulenzen, dann kann man den Abstand zwischen den beiden zueinander bewegten Kammern 2 und 6 minimal auslegen. Vorteilhaft lassen sich hier zum Beispiel an Kammer 2, wie in Figur 2, Glasplatten 18 einsetzen, die in der Kammer 2 mittels einer Ringmembran senkrecht zur Bildebene 13 beweglich angeordnet ist. Den gleichen Zweck soll die Folie 20 in Figur 3 erfüllen. Die Kammer 2 steht in diesen Fällen über einem Anschlußstutzen 21 mit einer

Einrichtung 22 zur Veränderung des Druckes der Immersionsflüssigkeit in Verbindung. Während der Belichtung der fotoempfindlichen Schicht 8 wird die Glasplatte 18 durch einen erhöhten Druck in der Kammer 2 in Richtung Bildebene 13 bewegt. Während der Bewegung der Tischplatte 11 zur Vermeidung von Beschädigungen der Glasplatte 18 oder Folie 20 wird durch Druckminderung der Immersionsflüssigkeit 3 in Kammer 2 die Glasplatte 18 oder Folie 20 von der sich bewegenden Glasplatte 9 wegbewegt.

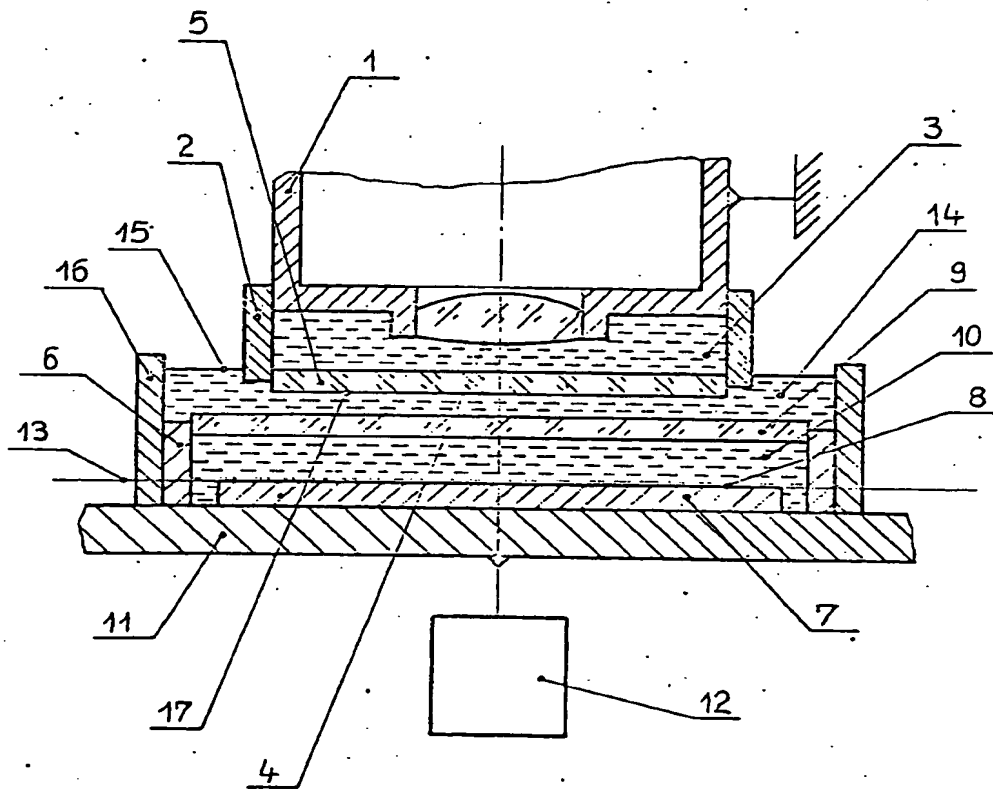
Die im Ausführungsbeispiel beschriebene Einrichtung läßt sich auch ohne Immersionsflüssigkeit 14 beschreiben. In diesem Falle hätte man mit keinerlei Turbulenzen zu rechnen. Die Vorteile der erfindungsgemäßen Einrichtung bleiben erhalten, weil der Abstand beider Kammern 2 und 6 minimal gehalten werden kann und die gegen Verunreinigungen (Staub u.a.) empfindlichen Flächen außerhalb des Schärfentiefenbereichs des Projektionsobjektivs 7 liegen.

Erfindungsanspruch

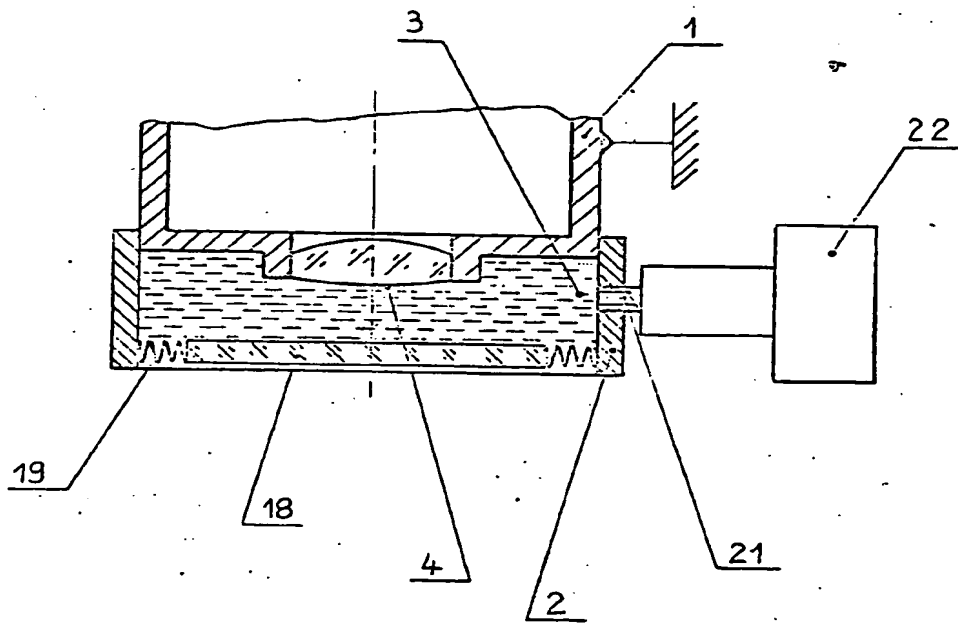
1. Einrichtung zur fotolithografischen Strukturübertragung mittels eines Projektionsobjektivs zum Erzeugen eines Belichtungsmusters in einer fotoempfindlichen Schicht eines parallel zur Bildebene schrittweise bewegten und auswechselbaren Substrats, wobei im optischen Strahlengang zwischen der fotoempfindlichen Schicht und der dieser zugewandten Grenzfläche des Projektionsobjektivs eine Immersionsflüssigkeit annähernd gleichen Brechwertes wie der der lichtempfindlichen Schicht Verwendung findet, dadurch gekennzeichnet, daß im optischen Strahlengang zwischen Projektionsobjektiv und der fotoempfindlichen Schicht des Substrats zwei voneinander getrennte, gegen die Atmosphäre abgeschlossene, relativ zueinander bewegbare und mit Immersionsflüssigkeit gefüllte Kammern vorgesehen sind, wobei die erste Kammer, die mit dem Projektionsobjektiv fest verbunden ist, von der der fotoempfindlichen Schicht zugewandten Grenzfläche des Projektionsobjektivs und von einem optisch transparenten Medium begrenzt wird und die zweite Kammer, die mit dem Substrat verbunden ist, von der fotoempfindlichen Schicht des Substrats und von einem weiteren optisch transparenten Medium begrenzt wird.
2. Einrichtung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optisch transparenten Medien Glasplatten und/oder Folien sind.
3. Einrichtung nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Kammer mit einer Einrichtung zur Veränderung des Druckes der Immersionsflüssigkeit in Verbindung steht, und daß das optisch transparente Medium dieser Kammer senkrecht zur Bildebene bewegbar angeordnet ist.
4. Einrichtung nach Punkt 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen den die Kammern begrenzenden optisch transparenten Medien ebenfalls Immersionsflüssigkeit befindet.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen.

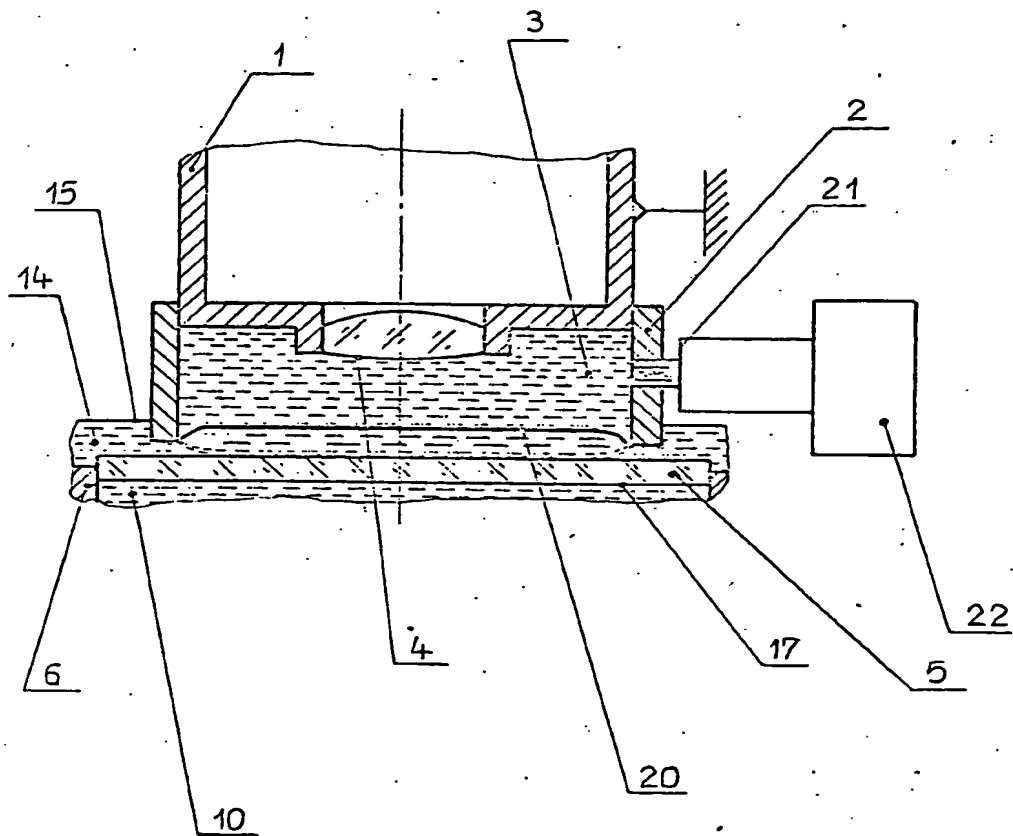
4486



Figur 1



Figur 2



Figur 3

German Democratic Republic

Patent

[Stamp] (12) Economic Patent

(19) **DD** (11) **224 448 A1**

Issued in accordance with §17 of Patent Law

4(51) **H 01 L 21/30**
G 03 B 27/32
G 03 B 27/68

Office of Invention and Patent

Published as Filed by Applicant

(21) WP H 01 L/260 460 6

(22) March 1, 1984

(44) July 3, 1985

(71) Nationally Owned Enterprise Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl- Zeiss-Straße 1, German Democratic Republic

(72) Hesse, Rainer, Qualified Engineer; Gärtner, Wolfgang, Doctor of Engineer; Kuch, Karl-Heinz, German Democratic Republic

(54) APPARATUS FOR PHOTOLITHOGRAPHIC PATTERN TRANSFER

(57) An apparatus for photolithographic pattern transfer by means of a projection objective is described. The apparatus can be employed to generate semiconductor structures in a photosensitive layer on a semiconductor wafer according to the planar technique. The object of the invention is to increase accuracy under high productivity of the pattern transfer. The task is to create an apparatus in which turbulences are avoided when immersion fluid is used and possible contaminants are kept outside of the focus depth region of the projection objective. The essence of the invention lies in that two chambers, filled with immersion liquid, are provided with, one of which chambers is disposed on the projection objective and the other one is disposed on an substrate. Highest resolution is achieved when immersion liquid is also introduced between optically transparent media closing the chambers. FIG. 1.

ISSN 0433-6461

11 pages total

Title of the Invention

Apparatus for Photolithographic Pattern Transfer

Applicable Field of the Invention

The invention relates to an apparatus for photolithographic pattern transfer by means of a projection objective to generate an exposure pattern in a photosensitive layer on a substrate. The apparatus, in particular, can be employed when generating a micro structure in a photosensitive layer on a semiconductor wafer to produce semiconductor structures according to the planar technique.

Characteristics of Known Technical Solutions

In the European Patent Application Publication EP 0 023 231 are described a method and an apparatus for copying a pattern onto a semiconductor wafer, wherein a liquid is applied between a projection objective and a semiconductor plate, the refractive index of the liquid being the same as that of a lacquer coating on the semiconductor plate. In doing so, the liquid is constantly replaced and is temperature-controlled and/or filtered. The apparatus is supposed to enable an increase of the numerical aperture without an increase of the incidence angle. This principle, also known from microscopy (see, on this, Brockhaus, ABC der Optik [Foundations of Optics] p. 565, et seq. (Leipzig, Brockhaus Verlag 1961)), has, when applied to the field of microlithography, disadvantages. One disadvantage lies in that in the fluid, of which volume is considerably large as to the described method, turbulences occur between the projection objective and the semiconductor wafer during production of high-integration circuits because of the indispensable lateral movement of a semiconductor wafer existing on an X-Y-Z table. Thus, under the current high process speed required for productivity reasons, one has either to abide by defects in the pattern transfer or to prolong the time for each exposure by the time for the turbulences to calm down, which means again the loss of productivity.

A further disadvantage is the handleability of a substrate to be exposed in clean room conditions. In the method according to the above-referenced patent application publication, after each exposure of a semiconductor wafer is completed, the wafer must be drawn out of the liquid and separated from the liquid. Here exists, first, the risk that dust or other undesirable substances, for example, may adhere to the surface of the substrate. Furthermore, because of the numerous steps, holes, protrusions, etc., the surface of the substrate can, only through large consumption of the liquid, be freed from, for example, preparation for an inspection step. Moreover, the use of an open top container, which contains the liquid, is disadvantageous. The large liquid surface resulting therefrom gives the possibility for contaminants to enter the fluid, which contaminants can only be removed by operating a filter.

Object of the Invention

The object of the invention is to create a high-production and high-accuracy apparatus for photolithographic pattern transfer.

Explanation of the Essence of the Invention

The task that the invention addresses is basically to develop an apparatus for photolithographic pattern transfer by means of a projection objective, wherein a small volume of immersion liquid is used so that no disturbing turbulences occur, the apparatus being configured so that possible contaminants are located outside of the focus depth region of the projection objective and thus cause no structure defect. The substrate to be exposed needs to be handleable so that the photosensitive layer of the substrate is in no way damaged.

In accordance with the invention, the task is achieved by the following: with respect to an apparatus for photolithographic pattern transfer by means of a projection objective to generate an exposure pattern in a photosensitive layer of a substrate that is moved stepwise parallel to the image plane and can be replaced, wherein in the optical path between the photosensitive layer and the production [sic] objective's boundary surface that faces the photosensitive layer, an immersion liquid that has a substantially equal refractive power as that of the photosensitive layer is used; in the optical path between the projection objective and the photosensitive layer of the substrate, two chambers that are separated from each other, closed relative to the atmosphere, movable relatively to each other, and filled with immersion liquid are provided with, wherein the first chamber that is fixedly connected to the projection objective is bounded by the projection objective's boundary surface that faces the photosensitive layer and an optically transparent medium and the second chamber that is connected to the substrate is bound by the photosensitive layer of the substrate and a further, optically transparent medium.

As optically transparent media, glass plates and/or films can be advantageously employed.

To decrease the volume of immersion liquid moved and thereby to decrease turbulences in the immersion liquid, it is advantageous that at least one chamber is connected to a device for changing the pressure of the immersion liquid and that the optically transparent medium of such chamber is arranged so as to be movable perpendicularly to the image plane.

To further increase the resolution of the projection objective and to decrease pattern transfer defects, immersion liquid can also be introduced between optically transparent media closing the chambers.

Embodiments

In the drawings are shown embodiments, namely:

- FIG. 1 shows an embodiment of the apparatus in accordance with the invention, having two glass plates as a seal,
- FIG. 2 shows an embodiment having a glass plate that is arranged so as to be movable by using a ring diaphragm,
- FIG. 3 shows an embodiment wherein the chamber in front of the projection objective is closed by a film.

The apparatus of FIG. 1 in accordance with the invention comprises a fixed projection objective 1. Chamber 2 is fixedly connected to projection objective 1, and chamber 2 is filled completely with immersion liquid 3. Chamber 2 is closed relative to the atmosphere and is bounded, in the optical path, by the projection objective 1's boundary surface 4 that faces the photosensitive layer and an optically transparent, plane parallel glass plate 5. Further, the apparatus comprises a second chamber 6 that is connected to the substrate to be exposed, e.g., semiconductor wafer 7. This second chamber 6 is bounded, among other things, by the photosensitive layer 8 of semiconductor wafer 7 and a further optically transparent, plane parallel glass plate 9. In the second chamber 6, there exists also immersion liquid 10. The second chamber 6, including glass plate 9 and semiconductor wafer 7, is mounted on table plate 11 of an X-Y-Z table that causes, via drive unit 12, relative movement of semiconductor wafer 7, parallel to and perpendicularly to image plane 13. To increase the resolution, between the glass plates 5 and 9 that bound the chambers 2 and 6, there exists further immersion liquid 14, of which surface 15 in container 16 is higher than the glass plate 5's surface 17 that faces the semiconductor wafer. Thus, between the boundary surface 4 of the projection objective 1 and the photosensitive layer 8 of semiconductor wafer 7, the optical path runs in media having approximately the same refractive power as that of the photosensitive layer, provided that the refractive powers of the immersion liquids 3, 10, and 14 and of the glass plates 5 and 9 approximately coincide with each other. When it is desirable to further decrease the liquid volume moved with respect to immersion liquid 14, i.e., to also decrease the turbulences that occur therein, the distance between the chambers 2 and 6, which move relatively to each other, may be set to be minimum. Here, for example, as shown in FIG. 2, glass plate 18 can be advantageously employed with respect to chamber 2, with the glass plate being arranged so as to be moved in chamber 2 perpendicularly to image plane 13 by means of ring diaphragm. The same purpose is to be served by film 20 in FIG. 3. In these cases, chamber 2 is connected, via a connecting pipe 21, to device 22 for changing the pressure of the immersion liquid. During the exposure of photosensitive layer 8, glass plate 18 is moved in the direction of image plane 13 through the increased pressure in chamber 2. During the movement of table plate 11, glass plate 18 or film 20 is, to preclude them from being damaged, drawn away from the moving glass plate 9 by decreasing the pressure of immersion liquid 3.

The apparatus described by the embodiments can also be described without immersion liquid 14. In this case, there is no need to consider any turbulences. The advantages of the apparatus according to the invention remain unchanged because the distance between the chambers 2 and 6 can be kept to be minimum and the surfaces susceptible to contaminants (dust, etc.) are located outside of the focus depth region of the projection objective 7.

Claims

1. An apparatus for photolithographic pattern transfer by means of a projection objective to generate an exposure pattern in a photosensitive layer of a substrate that is moved stepwise parallel to the image plane and can be replaced, wherein in the optical path between the photosensitive layer and the projection objective's boundary surface that faces the photosensitive layer, an immersion liquid that has a substantially equal refractive power as that of the photosensitive layer is used, said apparatus being characterized in that in the optical path between the projection objective and the photosensitive layer of the substrate, two chambers that are separated from each other, closed relative to the atmosphere, movable relative to each other, and filled with immersion liquid are provided with, wherein the first chamber that is fixedly connected to the projection objective is bounded by the projection objective's boundary surface that faces the photosensitive layer and an optically transparent medium and the second chamber that is connected to the substrate is bound by the photosensitive layer of the substrate and a further, optically transparent medium.

2. An apparatus according to claim 1, characterized in that the optically transparent media are glass plates and/or films.

3. An apparatus according to claims 1 and 2, characterized in that at least one chamber is connected to a device for changing the pressure of the immersion liquid and that the optically transparent medium of such chamber is arranged so as to be movable perpendicularly to the image plane.

4. An apparatus according to claims 1 to 3, characterized in that immersion liquid exist also between optically transparent media closing the chambers.

Hereinafter, three sheets of drawings follow.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.